

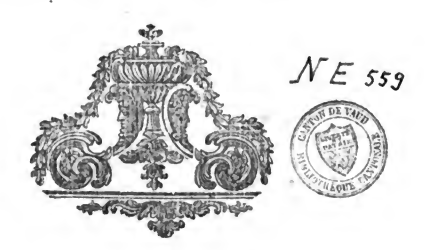


MÉMOIRE

SUR la recherche des moyens que l'on pourroit employer pour conſtruire de grandes Arches de pierre de *deux cents, trois cents, quatre cents* & juſqu'à *cinq cents pieds* d'ouverture, qui ſeroient deſtinées à franchir de profondes vallées bordées de rochers eſcarpés;

Par le Citoyen *PERRONET*,

Premier Ingénieur des Ponts & Chauſſées de France, de l'académie des Sciences, de celle d'Architecture & de la Société d'Agriculture de Paris, de la Société royale de Londres, des académies de Stockolm, Berlin, Lyon, Rouen, Metz & Dijon.

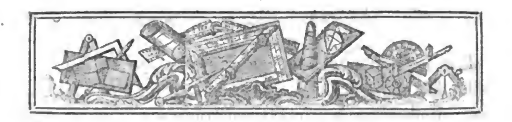


A PARIS,

DE L'IMPRIMERIE NATIONALE EXÉCUTIVE DU LOUVRE.

M. DCC. XCIII.

1885.



MÉMOIRE

SUR la recherche des moyens que l'on pourroit employer pour construire de grandes Arches de pierre de deux cents, trois cents, quatre cents *& jusqu'à* cinq cents pieds *d'ouverture, qui seroient destinées à franchir de profondes vallées bordées de rochers escarpés.*

ARTICLE I.

LES Péruviens ont employé des ponts de corde faite d'écorce d'arbres, pour traverser des vallées profondes qui ne leur permettoient pas d'y établir des chemins, en arrêtant ces ponts fortement à chaque bout contre des arbres ou des rochers ; mais il ne pouvoit y passer que des gens de pied ou des mulets, & leur charge faisoit des inflexions qui changeoient continuellement la courbe du pont & effrayoient les muletiers : ce qui doit faire désirer à une nation riche & commerçante, telle que doit le devenir la république Françoise, de construire des ponts plus larges & plus solides dans ces sortes d'endroits.

2.

L'arche la plus grande que l'on ait faite en France, est celle de Vieille-Brioude sur l'Allier, de 172 pieds d'ouverture, construite en 1454; on y en trouve aussi plusieurs de 120 & de 150 pieds, & une pareille à cette dernière à Véronne, faite en 1354. Il y en a également une en Angleterre, dans le pays de Galles, province de Glamorghanfire, sur la rivière d'Usche, de 178 pieds 8 pouces, pied de roi; mais dans un siècle où les sciences & les arts ont fait de si grands progrès, ne pourroit-on pas se flatter d'en établir solidement qui ayent encore plus d'ouverture! c'est ce que nous nous proposons d'examiner dans le présent Mémoire.

3.

La difficulté de faire des arches plus grandes que celles qui sont connues, consiste en trois principales choses que nous examinerons ci-après.

La première est le choix de la pierre, pour qu'elle puisse résister à la pression à laquelle elle sera exposée.

La seconde est la composition des cintres de charpente, & le moyen de les élever; ce qui demande plus d'attention & d'art à proportion que les arches seront plus grandes.

Et la troisième qui exige encore le plus d'attention, est celle de décintrer ou démonter les fermes après la pose des clefs, de manière que l'affaissement des voûtes puisse se faire insensiblement, en conservant leur courbure, sans former de jarrets: ce que nous diviserons en autant de sections.

La quatrième section comprendra la construction des

murs d'épaulement & pilaſtres, des trompes en tour creuſe ſur l'angle, des œils de pont, de la maçonnerie des reins.

La cinquième & dernière concernera les arches d'une moindre ouverture que celle de 500 pieds.

SECTION PREMIERE.

Choix de la Pierre.

4.

On doit préférer la pierre la plus dure que l'on pourra trouver aux environs de chaque endroit de l'établiſſement de l'un de ces grands ponts, qui ſoit ſans fil ni moye, & dont les bancs de carrière puiſſent porter au moins 18 pouces de hauteur, étant ébouſinée & taillée au vif, dont la plus grande longueur de coupe ſoit de 7 pieds dans le haut de la voûte; celle des douelles doit être de 4 & 5 pieds : la force de cet appareil ſera diminuée aux arches moins grandes, comme on l'expliquera ci-après. Il faudra, en général, n'employer la pierre qu'après qu'elle aura jeté ſon eau de carrière, & qu'on aura éprouvé à la gelée celle qui paroîtra ſuſceptible d'en être attaquée.

5.

La pierre la moins dure doit peſer environ 150 livres le pied cube, & la plus dure, telle que les grès, granits & les marbres, ou pierres calcaires les plus compactes, jusqu'à environ 180 livres, pour qu'elles puiſſent réſiſter à la preſſion à laquelle elles ſeront expoſées, en préférant de placer les

plus dures jusqu'à la hauteur d'environ 30 degrés d'après les naissances, lorsque les carrières n'en fourniront pas une assez grande quantité pour toute l'arche.

6.

Le citoyen Perronet a fait beaucoup d'expériences, ainsi que feu M. Soufflot, sur la dureté des pierres que fournissent les carrières connues en France, pour en écraser des échantillons qui n'avoient que deux pouces en carré & un pouce de hauteur, avec une machine dont la force de pression étoit élevée jusqu'à 30 milliers. Ils ont reconnu que ceux de ces échantillons provenant de la carrière de Saillancourt, près Meulan, qui avoient deux pouces de base en carré, 4 pouces de superficie & un pouce de hauteur, ont supporté un poids moyen de 7,375 livres; ce qui produit pour un pied carré, 265,680 livres.

7.

C'est d'après ces expériences que l'on a entrepris de construire le pont de Neuilly-sur-Seine en cinq arches, chacune de 120 pieds d'ouverture, surbaissées au quart, c'est-à-dire, qu'elles ont 40 pieds de hauteur ou de longueur de flèche sous clef.

8.

La partie de l'arc supérieur des arches de ce pont n'a, sur 33 pieds de longueur d'entre la pointe d'une corne de vache à l'autre, qui ont été pratiquées pour l'évasement des têtes de chaque arche, que 6 pouces 9 lignes de longueur de flèche; ce qui donne à connoître que cet

arc faiſant partie du cintre primitif, ſe trouve décrit avec un rayon de 244 pieds de longueur, & que l'épaiſſeur de la douelle de la clef étant de 18 pouces, les joints de ſa coupe, tendant au centre de l'arche, formeront de chaque côté avec la verticale, un angle qui n'a que 10 minutes 21 ſecondes.

9.

La conſtruction du pont de Neuilly doit faire connoître que la pierre de la qualité de celle dont il eſt conſtruit, peut réſiſter dans le haut des voûtes à la preſſion qu'éprouvent les vouſſoirs de l'arc dont le rayon eſt, comme on l'a déjà dit, de 244 pieds, & conſéquemment à celui de 250 pieds de longueur qu'auroit l'arche de 500 pieds propoſée, vu le peu de différence. Mais il convient d'examiner ſi les premières retombées ou couſſinets de cette même arche, pourront réſiſter à la preſſion du poids dont ils ſeront chargés, principalement à cauſe de celui de la maçonnerie des reins ou tympans du derrière des vouſſoirs, la longueur de coupe de ces vouſſoirs devant être au moins de 7 pieds.

10.

La ſuperficie de chacun de ces reins, en y comprenant la longueur des vouſſoirs, eſt de 11,671 pieds carrés, déduction faite de 4,322 pieds pour celle des trois œils de pont mentionnés ci-après, *article 85,* que l'on doit y faire de chaque côté de la voûte pour diminuer la maſſe de la maçonnerie.

11.

En réduiſant à un pied, pour la facilité du calcul, l'épaiſſeur de cette maçonnerie, ſon poids à raiſon de 152 livres le pied cube, s'élévera à 1,773,992 livres que ſoutiendront les premiers vouſſoirs ou retombées de 7 pieds de longueur, dont la réſiſtance, pour un pied de largeur ſeulement, ſera, comme on l'a dit ci-devant, de 265,680 liv. & pour les 7 pieds de la longueur de coupe de ces premières retombées, de 1,959,760 livres; ce qui excédera de 185,768 livres la charge de la maçonnerie de chacun des reins de la voûte, pour le cas de l'équilibre ſeulement.

12.

On doit obſerver qu'un gros quartier de pierre, tels que ceux qui formeront les premières retombées de 18 pouces de hauteur, doit réſiſter ſous la preſſion beaucoup plus en raiſon de ſa maſſe, que n'ont pu le faire les petits échantillons de pierre de 2 pouces en carré ſur un pouce de hauteur, qui ont été mis en expérience ſous la charge; car, on doit remarquer que ces petits échantillons & même de plus gros, ſe trouvant renfermés dans un gros bloc de pierre, comme dans une caiſſe, auront beaucoup plus de force pour porter une plus grande charge, puiſque l'on ſait que l'eau même devient incompreſſible, étant contenue dans une ſphère creuſe, faite en or. On ne penſe cependant pas que des corps ſolides, tels que la pierre, ne ſoient ſuſceptibles de quelque compreſſion à raiſon de ſa poroſité & de l'eau de carrière qu'elle peut contenir;

mais cette preſſion ne doit pas être ſenſible pour de la pierre sèche & de la qualité de celle dont il eſt queſtion.

13.

On doit encore obſerver ici que les vouſſoirs ſupérieurs ſe trouveront d'autant moins comprimés, qu'ils ſeront plus élevés en s'approchant de la clef; & auſſi qu'une partie de la maçonnerie de chaque tympan, en s'appuyant ſur les entailles faites de niveau & par redans, à différente hauteur dans le rocher ſervant de culées, diminuera d'autant ſa charge contre ces vouſſoirs. Ce ſont ces réflexions qui paroiſſent établir la poſſibilité de faire ſolidement une arche en plein cintre de 500 pieds d'ouverture, & encore plus lorſqu'on pourra y employer de la pierre plus dure que celle de Saillancourt, mentionnée ci-devant. On va rapporter pluſieurs expériences à l'appui de ce qu'on vient d'avancer.

14.

Deux échantillons de grès, chacun des mêmes dimenſions que ceux dont il a été queſtion ci-deſſus *article 6*, pris au Banc royal dans la forêt de Fontainebleau, dont le poids du pied cube n'eſt que de 150 livres, ont été chargés de 23,050 livres, poids moyen, pour les écraſer, au lieu de 7,375 livres mentionnées au même article. Deux autres échantillons de grès, provenant du rocher de Saint-Germain, de la même forêt, ont été chargés de 29,530 livres, le poids étant de 164 livres le pied cube; enſorte que la première eſpèce de grès avoit plus du triple de force

que la pierre de Saillancourt, quoique d'une moindre pesanteur, & la seconde du quadruple, avec un excédant de poids seulement de 12 livres, qui ne fait à peu-près que le douzième de celui de la pierre de Saillancourt.

15.

Deux échantillons de même base que les précédens, de la pierre de Langeac en Auvergne, dont la hauteur étoit de 3 pouces, & le poids du pied cube de 174 livres, ont supporté une charge de 19,010 livres : mais cette charge s'est trouvée réduite pour de semblables échantillons qui avoient encore leur eau de carrière, à 14,530 livres.

16.

Deux pareils échantillons provenant d'un volcan de la même province, du poids de 151 livres le pied cube, ont supporté une charge de 19,970 livres & de 20,610 livres, ce qui donne moyennement 20,290 livres; mais deux autres aussi de lave, du poids de 139 livres le pied cube, n'ont supporté de poids moyen que 11,090 livres.

17.

Ces expériences font connoître que la résistance de la pierre n'est pas toujours en raison de son poids, mais qu'il y influe plus généralement; ce qui doit obliger un ingénieur chargé de pareils grands travaux, à faire une étude particulière de la pierre qu'il conviendra d'y employer pour être assuré du succès, ayant aussi l'attention de ne pas la poser en lit, quoiqu'elle puisse porter un plus grand poids d'après les

les expériences que nous en avons faites ; mais elle eſt pour lors ſujette à s'exfolier à ſes paremens.

18.

Quand la réſiſtance de la pierre que l'on ſera obligé d'employer, approchera trop près de l'équilibre avec la charge, il conviendra de faire des boſſages ou des refends à chaque aſſiſe, pour l'empêcher de s'épaufrer ſous une compreſſion qui arriveroit trop près de ſes paremens, afin de la porter plus avant dans la pierre, comme il eſt dit *article 94*. C'eſt vraiſemblablement pour ce même motif, que l'on a pratiqué à d'anciens monumens ces boſſages & ces refends ; mais ils ne ſont préſentement plus employés que comme variété dans la décoration de l'architecture des bâtimens moins élevés.

On peut auſſi ſuppléer au moyen que l'on vient d'indiquer pour ce qui concerne la ſolidité, en ne fichant & ne mettant du mortier ſur le lit des pierres, que juſqu'à quelques pouces de leur parement ; le vide qui reſte eſt garni d'étoupes qui empêchent le mortier de ſortir : on retire ces étoupes après que le taſſement s'eſt fait ſur le mortier ; & les joints qui reſtent pour lors vides, ſont garnis en ciment, après avoir retaillé & ragréé les paremens à la fin des ouvrages. Cette attention qui ſe pratique généralement dans les travaux publics, empêche également la pierre de s'épaufrer à ſes paremens, parce qu'ils ne participent point au taſſement qui ſe fait entiérement ſur le reſte du lit des pierres.

SECTION II.

Composition des Cintres de charpente, & le moyen de les élever.

19.

L'ARCHE de 90 pieds de Nogent-sur-Seine, celle de 96 pieds du milieu du pont de la Liberté, celles de 120 pieds de Mantes & de Neuilly, ont été faites sur des cintres retroussés qui ne sont appuyés que contre les culées & les piles; mais lorsque ces arches se trouvent plus grandes, telle que celle de 150 pieds, projetée en portion d'arc pour Melun, dont la flèche est de 10 pieds de longueur, & celle de pareille ouverture, nommée le *pont de Lavaur*, de 67 pieds de montée, faite dans la ci-devant province du Languedoc, les cintres ont besoin alors d'être soutenus, soit par de forts pieux, ainsi qu'on doit le faire à Melun, sur trois rangs placés au milieu perpendiculairement aux têtes, espacés à 4 pieds en tout sens, de milieu en milieu; soit sur des piliers ou des arcades de maçonnerie ou de briques, comme on l'a fait au pont de Lavaur, quoique sans nécessité, parce qu'on pouvoit également y substituer des files de gros pieux bien moisés & liés entr'eux, en les couronnant de chapeaux pour porter les fermes des cintres.

20.

Pour établir les cintres d'une arche de 500 pieds, demi-circulaire, sur une vallée dont la profondeur auroit au

moins 250 pieds, & feroit bordée de rochers efcarpés qui lui ferviroient de culées, il conviendra d'élever provifoirement fix piles en pierre de taille ou libages débrutis, maçonnées avec mortier de chaux & fable, lefquelles pourront être démolies en tout ou partie, fi on le trouve convenable, après la conftruction de l'arche, pour que les matériaux qui en proviendront puiffent être employés aux murs d'épaulement & pilaftres, ainfi qu'aux œils de pont & aux trompes en tour creufe fur l'angle, dont il fera parlé ci-après, & à la maçonnerie des reins.

La profondeur de la vallée qui doit être égale à la hauteur de cette arche, la rendroit plus élevée d'environ 48 pieds que les tours Notre-dame de Paris, & de 120 pieds que le Panthéon de Rome, monument d'architecture le plus hardi qu'ayent fait les Romains, dont la hauteur de la voûte n'eft cependant que de 134 pieds au-deffus du pavé, & le diamètre de pareille dimenfion.

21.

Les quatre piles les plus élevées feroient efpacées à 100 pieds, de milieu en milieu; elles auroient 10 pieds d'épaiffeur au fommet. Les deux dernières piles ne feroient éloignées que de 50 pieds du parement des culées, & de pareille diftance du milieu des piles précédentes; leur épaiffeur feroit réduite à 8 pieds dans le haut : elles auroient toutes 60 pieds de longueur, & feroient élevées avec talus de 4 lignes par pied de hauteur au-deffus de leur retraite ou empattement du bas; le tout fondé fur le rocher ou autre terrain très-folide. On arrondiroit en demi-cercle leur

avant-Bec ſeulement, juſqu'à la hauteur des plus grandes eaux.

22.

D'après la gravure ci-jointe, les piles du milieu auroient chacune 200 pieds de hauteur, les moyennes 165 pieds & les plus baſſes 100 pieds; on réſerveroit dans le milieu de leur longueur, une ouverture de 4 pieds & de 8 pieds de hauteur au-deſſus des échafauds mentionnés ci-après, pour ſervir de paſſage aux ouvriers & aux matériaux d'un côté à l'autre des piles.

23.

Pour faciliter cette conſtruction, on établira quatre échafauds, eſpacés à 50 pieds au-deſſus les uns des autres, qui ſerviront d'étréſillons contre le déverſement des piles. Le dernier échafaud ſervira de pont proviſionnel, pour lever les cintres & conſtruire la voûte depuis l'angle de 30 degrés ou environ de part & d'autre des naiſſances, juſqu'auquel angle on ſait que les vouſſoirs pourront être poſés avec plus de facilité, au moyen de ce qu'ils ne gliſſent point les uns ſur les autres.

On poſera ſous le milieu de chaque poutrelle des échafauds d'entre les piles les plus élevées, un ou deux rangs de forts poteaux qui monteront de fond, leſquels ſeront entés & moiſés au milieu de leur hauteur; ils ſeront poſés ſur des ſemelles par bas & coiffés d'un chapeau: on aſſemblera haut & bas des liens en contre-fiches de chaque côté de ces poteaux.

On établira auſſi de petits échafauds verticaux au pourtour

des piles, pour en élever la maçonnerie juqu'à la hauteur de chaque échafaud supérieur ; après quoi ils seront démontés & reposés successivement pour remplir la même fonction, de 50 en 50 pieds de hauteur.

24.

On sait d'ailleurs que l'angle des frottemens est, pour les corps polis, d'après les expériences de M. Amontons, de 18 degrés 26 à 27 minutes, calculés par M. Parent dans son *Mémoire de l'académie des sciences de l'année 1699.* Cet angle se réduit pour les grosses masses, telles que celle des vaisseaux qu'on lance à la mer sur des plans inclinés, à 4 ou 5 degrés ; mais il est de 44 degrés pour une pierre brute que l'on veut faire glisser sur un madrier seulement scié, sans être raboté ; ce qui fait encore connoître que l'on peut élever les voûtes avec facilité sans cintre, sur les 30 premiers degrés à partir de la naissance, & même jusqu'à 45 degrés, en soutenant un peu les voussoirs de dessus pendant leur pose (*).

25.

Les fermes seront composées de sept cours d'arbalêtriers, chacun de 18 à 21 pouces de grosseur, & de 21 à 24 pieds de longueur : ceux du milieu & les deux premiers du bas, seront posés jointivement à redans avec ceux du dessus.

(*) *Voyez* le Memoire lû à l'académie des sciences par le citoyen Perronet, sur l'éboulement des portions de montagnes & autres terrains élevés, que l'on trouve dans le supplément de ses ouvrages, *page 9*.

26.

Ces redans auront 3 pouces de profondeur & 6 lignes de jeu entr'eux, pour y chaſſer des coins de part & d'autre : leur entaille ſera faite en queue d'hironde, ainſi que Grubbmann l'a pratiqué avec le plus grand ſuccès au pont de Wettenguen, pour une arche ou travée de charpente de 185 pieds d'ouverture & de 28 pieds de flèche.

27.

Les autres arbalêtriers ſeront poſés triangulairement, moiſés à chaque bout & au milieu de leur longueur avec des pièces de même groſſeur que ces arbalêtriers ; le tout retenu enſemble par des boulons de fer de deux pouces de diamètre, ayant leurs têtes, écroues, rondelles & clavettes convenables. Ces pièces, qu'on nomme *moiſes pendantes*, ſeront toutes dirigées au centre de l'arche. Sur le deſſus du dernier rang d'arbalêtriers, on poſera des vaux ou pièces courbées d'après l'épure de la voûte.

28.

Chaque bout des arbalêtriers ſera fait en portion d'arc décrite avec un rayon de la longueur de l'arbalêtrier, & aſſemblé avec les moiſes, ſablières & jambes de force dans une entaille de même courbure, à un pied au-deſſous des arbalêtriers ſupérieurs. On donnera à cette entaille un peu de jeu au haut & au bas, pour faciliter le mouvement que prennent néceſſairement les cintres en remontant, lorſqu'on les charge du bas, & en deſcendant, à meſure que la charge devient plus conſidérable, juſqu'à ce qu'on ait poſé les clefs ;

mais pour diminuer le rehauſſement des cintres, on doit avoir l'attention de charger leur ſommet à meſure qu'il s'élève, avec un certain nombre de cours de vouſſoirs taillés & prêts à poſer au haut de la voûte. Cette charge a été portée à chacune des arches du pont de Neuilly, juſqu'à 930 milliers. Les fermes étoient eſpacées à 6 pieds de milieu en milieu, & compoſées de quatre cours d'arbalêtriers, ayant depuis 19 juſqu'à 23 pieds de longueur, & 14 à 17 pouces de groſſeur : elles ont baiſſé de 13 pouces juſqu'au moment de la poſe de la clef, & de 9 pouces 6 lignes après cette poſe ; ce qui fait en total 22 pouces 6 lignes dont elles avoient été ſurhauſſées, d'après la courbure qu'on déſiroit leur faire prendre.

29.

Le cintre de l'arche de 500 pieds & de 30 pieds de largeur, ſera compoſé de ſix fermes, dont le milieu des premières ſera placé à deux pieds du nu de chaque tête ; ce qui donnera à-peu-près cinq pieds 3 pouces pour l'eſpacement des autres fermes de milieu en milieu, & 2 pieds ſeulement pour la charge de chacune de celle des têtes.

30.

Indépendamment des moiſes pendantes mentionnées ci-devant, on en poſera d'horizontales de 9 à 18 pouces de groſſeur, à la diſtance de deux de ces moiſes ; obſervant d'en mettre un court dans le bas des fermes, & l'autre alternativement au haut des mêmes fermes, & de plus des cours de liernes horizontales de 8 à 9 pouces de groſſeur,

placées au milieu de l'espace d'entre les moises horizontales. Toutes ces moises & liernes seront d'une seule pièce sur leur longueur, entaillées & boulonnées au droit des moises & des arbalêtriers.

31.

On posera aussi des cours de guettes ou contre-vents de 8 à 9 pouces de grosseur dans les fermes, pour s'opposer en sens contraire à leur déversement.

32.

Malgré cette précaution qui est essentielle, sur-tout pour les grandes arches, on élèvera la partie des piles qui saillira de 15 pieds de nu de chaque tête, sur une longueur seulement de 10 pieds jusqu'à 5 pieds de l'à-plomb du nu des têtes de l'arche, cet espace devant être réservé pour faciliter la pose des premières fermes. L'élévation sera faite à-plomb jusqu'à la hauteur du dessus des fermes, & servira à les contreventer, avec des étrésillons qui viendront s'appuyer contre l'exhaussement des piles.

33.

Les fermes seront soutenues par ces piles, au moyen de la prolongation des moises & des pièces en décharge, lesquelles dernières pièces auront 15 pouces de grosseur en carré, ainsi que les jambes de force qui seront appliquées contre les piles. On observera de placer des bossages servant d'épaulement aux endroits nécessaires, pour assujettir ces jambes de force dans une position verticale, & aussi des encorbellemens de deux assises de pierre sous les parties des

jambes

jambes de force qui feront interrompues dans leur hauteur; le tout comme cela eft figuré fur la gravure à laquelle on renvoie, afin de ne pas entrer dans des détails trop minutieux, tant pour la manière dont les piles précédentes doivent fupporter les cintres, que pour les autres piles, les perfonnes intelligentes n'ayant d'ailleurs pas befoin de pareils éclairciffemens.

34.

Les liens en contre-fiche qui feront deftinés à foutenir le dernier pont de fervice, s'affembleront dans le haut avec les fous-poutrelles du pont, & par bas dans les jambes de force. Ils feront moifés vers le milieu de leur longueur, & ne participeront point, non plus que le pont, au foutien des fermes.

35.

On obfervera feulement ici, que l'on doit doubler jointivement fur leur hauteur les poutrelles du pont de fervice, pour qu'elles ne foient pas trop affoiblies par les entailles du deffus & du deffous de ces pièces. On leur donnera 12 pouces de large & 15 pouces de haut; le rang fupérieur fera compofé de deux poutrelles d'égale longueur, foutenues à leur jonction dans leur milieu par les poteaux de fond mentionnés *art. 23.*

36.

Le fecond rang des poutrelles des ponts de fervice, fera compofé de trois pièces de longueur égale entr'elles, pour que le joint du milieu du cours fupérieur fe trouve recouvert.



On les aſſemblera toutes en recouvrement avec trait de jupiter à leur bout, & on les boulonnera de 10 pieds en 10 pieds avec boulons de fer de 18 lignes de diamètre, pour fixer les deux cours de poutrelles enſemble.

37.

Pour que l'on ſoit plus aſſuré de la réſiſtance des fermes, il eſt néceſſaire d'examiner quelle ſera la force des parties qui doivent les compoſer, & auſſi des pièces à placer ſur les points d'appui pour les ſoutenir, relativement au poids dont elles ſeront chargées, en ſuppoſant que les bois ſoient tous de chêne.

38.

On remarquera premièrement, que la partie de 100 pieds d'entre les deux points d'appui du milieu, eſt celle de la voûte qui ſe trouvant la moins inclinée à l'horizon, chargera le plus directement les fermes.

39.

Cette partie dont les vouſſoirs doivent avoir 7 pieds de longueur de coupe & 5 pieds 3 pouces de large, diſtance du milieu d'une ferme à l'autre, pèſera 661,500 liv. en ſuppoſant la pierre du poids de 180 livres le pied cube, afin que les cintres ſe trouvent aſſez forts lorſqu'on pourra employer de la pierre plus dure que celle de Saillancourt, qui ne pèſe que 152 livres.

40.

Les ſept arbalêtriers d'entre les moiſes pendantes, diſtantes

l'une de l'autre d'environ 12 pieds du deſſous de cette même partie de voûte, peuvent être conſidérés comme étant chargés verticalement dans leur milieu.

41.

Ces pièces compriſes entre deux moiſes pendantes & chargées dans leur milieu pourront réſiſter, chacune dans le cas de l'équilibre, à un poids de près de 388 milliers d'après les expériences de feu M. de Buffon, rapportées dans les mémoires de l'Académie des Sciences, de 1741, qui a reconnu que, pour qu'une pièce de 14 pieds de long & 5 pouces de groſſeur en carré, fût rompue, il avoit fallu la charger du poids de 5283 livres, en établiſſant auſſi d'après les mécaniciens, que la réſiſtance des pièces ainſi poſées de niveau, doit être dans la raiſon du carré de leur hauteur, multiplié par leur largeur, & de l'inverſe de leur longueur.

42.

Ce poids de 388 milliers doit être réduit à 97 milliers, ou ſi l'on veut à 100 milliers, faiſant à peu-près le quart de la force totale d'une de ces pièces, pour qu'elles ne puiſſent pas plier ſenſiblement.

43.

Il faut obſerver que les deux arbalêtriers du deſſous & le cours du milieu, qui doivent être aſſemblés à redan jointivement & boulonnés avec celui du deſſus, auront dans la raiſon du carré des hauteurs, une force quadruple, laquelle tiendra lieu de quatre arbalêtriers de plus qui ſeroient iſolés:

ils porteront le nombre total de chaque partie des fermes à la résistance de onze arbalétriers, au lieu de sept qui sont figurés sur la gravure; & à 1,100,000 livres pour la résistance entière, au lieu de 661,500 livres que doit peser la partie de voûte correspondante.

44.

On sait aussi que les pièces horizontales peuvent être chargées à peu-près du double du poids qu'elles porteront dans leur milieu pour les rompre, en distribuant ce poids également sur toute leur longueur, comme doivent l'être les arbalêtriers par les voussoirs qu'ils ont à soutenir; & cela se trouve confirmé par les expériences que nous en avons fait faire : ce qui fortifiera encore les fermes dans la même proportion du double, & élévera leur résistance à 2,200,000 livres. Elles seront aussi soutenues à chaque bout jusque près des quatrièmes piles, par des parties semblables & presqu'horizontales, qui auront la même force.

45.

Ces pièces horizontales auront aussi beaucoup de force pour résister par leur bout dans la direction de la longueur de leurs fibres, qui est la résistance principale qu'on a voulu leur donner, & qu'il est aisé de remarquer par la manière dont ces fermes sont composées.

46.

Si l'on veut considérer quelle seroit cette force longitudinale de chacun des arbalêtriers, d'après les expériences

rapportées par Muſchembroeck dans ſon Eſſai de Phyſique *(page 256)*, pour le cas de l'équilibre avec ſa réſiſtance, & auſſi que cette force doit être établie dans la raiſon directe du cube de la groſſeur du bois, ou bien du carré du petit côté qui doit plier, multiplié par l'autre côté, & enſuite par l'inverſe du carré de leur longueur, en comptant le pied rhénant dont s'eſt ſervi Muſchembroeck, pour 11 pouces 7 lignes du pied-de-roi, & la livre pour 14 onces, poids de marc; on peut en conclure, au défaut d'expériences ſemblables faites plus en grand, qu'une pièce de bois de chêne de 6 pieds de long & de 6 pouces de gros en carré, portera 23,418 livres.

47.

Il réſulte que la partie d'un arbalêtrier de 12 pieds de longueur, à laquelle il doit être réduit pour la diſtance d'une moiſe à l'autre, & de 18 à 21 pouces de groſſeur, aura une force de 92,200 livres, étant évaluée à moitié au lieu du quart de la réduction qu'il eſt néceſſaire d'obſerver pour des pièces horizontales, ainſi qu'il eſt dit ci-devant, pour qu'elles ne puiſſent pas plier ſenſiblement; & les ſept arbalêtriers enſemble réſiſteront à un poids de 645,400 livres, ſans avoir égard à la poſition jointive des deux arbalêtriers du deſſous, parce qu'ils n'augmentent point la force, étant comprimés à leurs bouts, comme lorſqu'ils ſont chargés dans une poſition horizontale par le deſſus; mais on n'aura point d'égard à cette force qui ſe répète & ſe contrebutte, en ſe détruiſant par ſa réaction ſur chaque partie des arbalêtriers d'une moiſe à l'autre.

48.

On voit que d'après cette manière de considérer la résistance des bois, ils auroient encore assez de force pour porter une égale partie d'environ 100 pieds de longueur de la voûte qui se trouve de chaque côté de celle du milieu, jusqu'aux points d'appui qui les précèdent; puisque la partie du haut des cintres sera du double & même du quadruple plus forte qu'il ne faudra, d'après les calculs que l'on vient d'en donner, joint à ce que ces parties de voûte pèseront d'autant moins verticalement, en se rapprochant des culées par l'obliquité de leur courbure, qu'elles reporteront une partie de leurs poids contre les culées. Cependant il y auroit encore moyen de fortifier ces mêmes parties de cintre, dans le rapport de 7 à 10, en doublant jointivement les trois arbalétriers que l'on a supposé devoir rester isolés.

49.

On remarquera, d'après ce qui vient d'être dit, que l'on pourroit tirer deux résistances d'une même pièce de bois; l'une, en la chargeant dans une position horizontale, l'autre en la comprimant en même temps suivant la longueur de ses fibres. On observera de réduire les poids, pour que cette pièce ne puisse plier sous ces différens efforts, qui ne se détruisent pas, étant perpendiculaires l'un à l'autre.

Cette manière de considérer toute la force d'une même pièce de bois, n'a pas encore été envisagée, quoique l'on puisse en trouver l'application en mécanique.

50.

La partie d'un couchis du haut de la voûte, de 8 pouces de grosseur & de 5 pieds 3 pouces de longueur, milieu d'une ferme à l'autre, étant réduite au quart de sa force, comme doivent l'être les pièces horizontales qui sont chargées verticalement, pourroit porter un poids de 14,225 livres; mais la partie des voussoirs qu'elle soutiendra, ne pèsera au plus que dix milliers.

51.

Il suffira que les couchis du bas de la voûte ayent 6 pouces de grosseur jusqu'à la hauteur au plus de l'angle de 45 degrés, & ils seront encore assez forts, parce que les voussoirs se trouvent soulagés d'une grande partie de leur poids par ceux du dessous. Ces couchis ne sont principalement utiles vers les naissances, ainsi que leurs cales, que pour empêcher les fermes d'être repoussées contre la voûte à mesure que l'on vient à les charger.

52.

On doit présentement examiner sommairement la force des pièces de 15 pouces en carré, qui serviront à décharger sur les points d'appui, la partie des fermes & de la voûte correspondante aux quatre piles du milieu, dont la distance verticale est de 300 pieds.

53.

Ces pièces au nombre de 22, pourront porter chacune dans une position verticale, environ 70 milliers sans plier: mais l'on sait qu'étant inclinées, la force qu'elles perdront

encore, ſe trouvant dans le rapport du ſinus total au coſinus de l'angle d'inclinaiſon que formera la direction verticale de la charge avec les pièces inclinées, ſera de trois dixièmes; ce qui réduira environ à 21 milliers la force de chacune de ces 22 pièces, & en total à 462 milliers qui, joints aux 2,200,000 livres mentionnées *article 44*, porteront la réſiſtance totale des cintres & de leurs décharges à environ 2,662,000 livres.

54.

La circonférence moyenne de la demi-voûte qui paſſera par le milieu de la longueur des vouſſoirs, ſera de 896 pieds, leur longueur de 7 pieds, & la diſtance du milieu d'une ferme à l'autre, de 5 pieds 3 pouces; ce qui produit 32,928 pieds cubes, leſquels ſur le pied de 180 livres, donneront pour poids total de la partie de la demi-voûte que ſupportera chaque ferme d'entre celle des têtes, 5,927,040 livres.

55.

Il faut remarquer que d'après le calcul de M. Couplet, que l'on trouve dans les Mémoires de l'Académie des Sciences de l'année 1729, en ſuppoſant, comme il l'a fait, que les lits de la coupe des vouſſoirs ſont polis, la charge d'une voûte en plein cintre ſe trouve réduite aux quatre neuvièmes, ſur les fermes du cintre, & encore moins des quatre neuvièmes pour ce qui ſe pratique dans la conſtruction des voûtes, dont les lits des vouſſoirs ſont bruts & ne doivent pas tendre à porter autant ſur les fermes que s'ils étoient polis; ce qui revient à peu-près, ſuivant l'hypothèſe de

de M. Couplet, au résultat de la formule qu'a donnée M. Delahyre, qui n'a considéré que la partie de la voûte qui se trouve au dessus de 45 degrés de chaque côté de sa naissance, pour celle qui doit charger les cintres après la pose des clefs, & reporter la poussée totale vers les culées; mais cette partie forme la moitié de la voûte & se trouve, à un huitième près, égale aux quatre neuvièmes de M. Couplet.

56.

Ces quatre neuvièmes réduiront à 2,634,240 livres les 5,927,040 livres trouvées ci-devant *article 54*, pour poids total de la partie de voûte de 500 pieds d'ouverture, au lieu de 2,662,000 livres que donne la résistance de chaque ferme & de leurs décharges, suivant l'*article 53*, ce qui rend cette résistance encore plus forte de 22,760 livres.

57.

On ne doit pas s'attendre que le calcul sur la force des bois des fermes & de leurs décharges, ait été fait avec la même facilité & exactitude que l'on auroit pu apporter pour une arche ordinaire, telle que celle de 60 pieds en plein cintre, & 80 pieds surbaissée, dont M. Pitot a examiné dans le mémoire qu'il a remis à l'académie des sciences, en 1726, la force qu'il faut donner aux cintres des arches pour des voûtes que l'on considéroit alors comme grandes, d'après la qualification même de M. Pitot; mais on ne s'est proposé, ainsi qu'on l'a déjà dit, que d'exposer ce que l'on pense sur la recherche des moyens d'établir de plus grandes arches.

58.

Les perſonnes qui s'occuperont de la perfection de ces moyens, doivent avoir égard dans leurs calculs, à la nature des bois qui pourront être employés aux cintres: s'ils étoient de ſapin, leur réſiſtance, étant chargés debout, devroit être réduite dans le rapport de 12 trois cinquièmes à 9 deux cinquièmes, ou à peu-près du quart, ſuivant les obſervations de M. de Buffon dans ſon mémoire mentionné ci-devant; ce qui obligeroit alors de fortifier convenablement la groſſeur des bois des cintres, ou bien de leur ajouter une ſeptième ferme.

59.

Si ces mêmes bois doivent être chargés étant poſés horizontalement, M. Parent a établi par ſon mémoire imprimé dans ceux de l'académie des ſciences de 1707, qu'ils pourroient porter un cinquième de plus que le bois de chêne; on prétend d'ailleurs qu'ils caſſent ſans plier autant que le fait le chêne. Ces différences dépendent vraiſemblablement de la configuration des fibres ligneuſes des deux eſpèces de bois, & de celle de leur élaſticité, qui eſt plus grande dans le bois de chêne.

60.

La courbure de l'ételon ou tracé des fermes ſur le chantier, ſera ſurhauſſée de 8 pieds d'après les meſures mentionnées ci-devant, en lui donnant une forme ovale dont le petit diamètre ſera toujours de 500 pieds, & la moitié du grand diamètre placé verticalement, de 258 pieds.

61.

C'eſt à ce ſurhauſſement de 8 pieds, que l'on évalue que pourra ſe faire le taſſement total des fermes, dont environ moitié ou les deux tiers avant la poſe des clefs, & le ſurplus enſuite par le reſte de la compreſſion du mortier des joints.

Ces joints, au lieu de 6 lignes qu'on leur donnera, pourront être réduits par la compreſſion, à 5 lignes dans les deux tiers de la partie ſupérieure de la voûte, en y employant du mortier de chaux & ciment.

62.

A l'égard des parties du deſſus des naiſſances juſqu'à la hauteur de l'angle de 30 degrés de chaque côté, qui formeront un tiers de la voûte, on pourra y employer du mortier de chaux & ſable graveleux, à cauſe de la difficulté que l'on auroit dans des endroits qui pourroient être éloignés des habitations, d'y raſſembler une aſſez grande quantité de ciment, à moins qu'il ne ſe trouvât aux environs, des montagnes volcaniſées qui fourniroient une eſpèce de pouzzolane qu'il faudroit même préférer au ciment.

63.

Pour diminuer encore plus le taſſement de la compreſſion des joints de ces mêmes parties de voûte, comme elles peuvent être preſque faites ſans le ſecours des cintres, ainſi qu'on l'a déjà dit, il conviendra de les commencer pendant qu'on préparera les bois des cintres, & de laiſſer un intervalle

d'un an avant de continuer la poſe des vouſſoirs des parties ſupérieures, afin de donner au mortier des joints le temps de s'affermir & de réſiſter à la compreſſion. On pourra dans cet intervalle, préparer les autres vouſſoirs & les faire approcher de l'arche, ainſi que les bois des cintres & ceux deſtinés à les fortifier par-deſſous, qui auront leurs points d'appui ſur les piles de maçonnerie.

64.

Le gâcheur ou maître charpentier aura l'attention de ne fixer la longueur de ces dernières pièces du deſſus des plus hautes piles, que quand on s'apercevra que les fermes auront beſoin d'être fortifiées par le deſſous à cauſe d'une trop grande charge de vouſſoirs; ce qui facilitera le décintrement dont il ſera parlé ci-après.

65.

On tracera ſur l'épure de la demi-voûte la coupe de chaque vouſſoir, en lui ſuppoſant l'épaiſſeur de douelle que les bancs de carrière des environs du lieu où devra être conſtruite l'arche, pourront permettre de lui donner, en tâchant, s'il ſe peut, que cette épaiſſeur ne ſoit pas moindre de 18 pouces.

66.

Le charpentier tracera ſur le cintre le milieu de l'emplacement de chaque vouſſoir, & y poſera dans le vide de 2 pieds qui aura été réſervé entre le deſſus des fermes & la voûte, des couchis de 8 pouces en carré ſur les deux tiers du haut de la voûte, & de 6 pouces au-deſſous. On poſera

en même temps les calles qui doivent ſoutenir les couchis, en les faiſant de pluſieurs pièces que l'on puiſſe ruiner lors du décintrement. Ces couchis auront chacun 28 pieds de long, & ſeront poſés d'équerre ſur les têtes de l'arche; mais on ne déterminera définitivement leur emplacement, qu'à meſure de la poſe de chaque cours de vouſſoirs.

67.

Les vouſſoirs des têtes ſeront poſés avec un quart-de-cercle, & d'après des tables calculées de leur diſtance aux lignes verticales qui ſeront tracées ſur les cintres à 50 pieds les unes des autres, & à une ligne horizontale que l'on établira pour cet effet contre des poteaux qui ſeront élevés ſur le pont de ſervice. On y emploîra des niveaux à lunette, placés à chaque bout de l'arche ſur le rocher ou autre point fixe. Les extrémités de la ligne horizontale ſeront établies d'après de pareils points fixes, pour ſavoir de combien ſe ſeront abaiſſées les fermes au droit de la prolongation de l'axe du milieu des points d'appui, afin de connoître l'affaiſſement de ces fermes ſous la charge des vouſſoirs. On pourra d'ailleurs avoir recours aux éclairciſſemens qui ſont donnés à ce ſujet dans l'œuvre *in-fol.* du citoyen Perronet, auquel on renvoie également pour des détails que l'on ne donnera pas ici ſur la poſe des fermes, celle de la pierre, & le décintrement des ponts.

68.

En finiſſant cette ſection, nous obſerverons que l'on pourroit ſupprimer les parties inférieures des fermes juſqu'à

la hauteur de 25 ou 30 degrés, en établiſſant le ſurplus ſur de petits arcs, comme l'indique la gravure par un papier de retombée, leſquels arcs ſeroient ſupprimés après le décintrement de l'arche.

SECTION III.

Décintrement.

69.

Il y a une grande différence dans la manière de décintrer les ponts qui ſont établis ſur des fermes retrouſſées, ainſi que cela a eu lieu au pont de Neuilly, de celle qu'on doit employer lorſque les fermes ſont ſoutenues ſur des points d'appui entre leurs culées. Dans le premier cas, les fermes, en s'affaiſſant ſous la charge des vouſſoirs, conſervent par l'élaſticité des bois, une courbure régulière de même genre que celle de l'ételon ou de l'épure; mais des points d'appui intermédiaires & inflexibles la corromproient néceſſairement, en formant ce que l'on nomme des *jarrets* ou changemens de courbure au droit de chacun de ces points d'appui; ce qui feroit autant déſagréable que dangereux pour les grandes arches. C'eſt pourquoi on eſt obligé de prendre des précautions différentes de celles dont on a uſé juſqu'à préſent, pour le décintrement de l'arche dont il eſt ici queſtion.

70.

Chaque partie des fermes, en s'affaiſſant ſous ſon propre poids & ſucceſſivement ſous celui des vouſſoirs dont elle ſera

chargée, le fera verticalement, abstraction faite de la résistance des points d'appui, en suivant la proportion de la partie des ordonnées verticales d'entre la courbure demi-circulaire & celle de forme ovale, qui seront tracées sur l'ételon; mais quand cet affaissement seroit différent des 8 pieds dont le demi-cercle aura été relevé, il suivra toujours la proportion de ces mêmes ordonnées, en formant une autre courbure régulière qui se termineroit à zéro aux naissances.

71.

Il suit de cette observation & des précédentes, que pour que la courbure ne fasse point de jarret, il faudra tâcher de faire descendre les fermes au droit de chaque point d'appui, dans la proportion du résultat moyen de ces ordonnées, & de celui dont il est parlé précédemment *article 67*.

72.

On présume que l'affaissement total des fermes sera, comme à la clef, sur l'axe de chacune des deux piles du milieu, à peu-près de 8 pieds, de 5 pieds aux piles intermédiaires, & de 4 pieds sur celles qui seront les plus proches des culées; mais comme on pense que la moitié du tassement total se fera par la surcharge des bois des fermes & celle des voussoirs qui seront posés jusqu'à la hauteur d'un angle de 30 degrés, il ne restera, lors du décintrement total de la voûte, à faire baisser les fermes sur la partie inférieure du cintre qui les soutiendra, que d'environ la moitié de leur surhaussement. C'est d'ailleurs pour plus de

sûreté, qu'on le règlera d'après ce qui ſera arrivé lorſque la voûte ſe trouvera élevée juſqu'au droit de l'axe des différens points d'appui.

73.

Pour faciliter les différens taſſemens & le décintrement des fermes, que l'on a intérêt de proportionner au taſſement total qui doit arriver ſur chaque point d'appui, afin que l'arche puiſſe conſerver la courbure qu'elle doit avoir dans les différens temps de ſa conſtruction, on fera ſcier & ruiner en même temps en parties égales avec la ſcie, le ciſeau & le maillet, une tranche pyramidale de quelques pouces, de la partie inférieure de toutes les pièces qui doivent ſervir à fortifier le cintre en charpente, & cela ſucceſſivement & à meſure qu'on en reconnoîtra la néceſſité. Ces parties ſeront proportionnées pour chaque point d'appui, au taſſement total qui doit lui correſpondre ; c'eſt-à-dire, qu'en le ſuppoſant, comme on l'a fait ci devant *article 72*, de 4 pieds à ceux du milieu de l'arche, 3 pieds aux ſuivans, & de 2 pieds à ceux les plus proches des culées ; & que l'on entreprenne de les couper en ſix temps différens, à huit jours de diſtance l'un de l'autre, chaque partie ſera de 8 pouces pour les premiers points d'appui, de 6 pouces aux ſuivans, & de 4 pouces aux derniers. C'eſt par ces derniers que l'on commencera ces retranchemens, en montant enſuite aux autres, le tout plus ou moins, ſuivant la néceſſité, en obſervant eſſentiellement de ne faire deſcendre que très-lentement d'auſſi grandes maſſes, pour que leur force, qui n'eſt que d'inertie dans l'état de repos, ne ſoit pas changée

en

en force vive par la vîteffe que leur donneroit une defcente plus prompte, qui deviendroit fort dangereufe.

74.

C'eft pour le même motif, qu'il faudra commencer par fcier chaque pièce de foutien des fermes dans fon pourtour, feulement du quart ou du tiers de fon épaiffeur, jufqu'à ce que l'on s'aperçoive que la partie qui aura été réfervée au milieu, foit menacée d'être écrafée par la charge fupérieure. Il fera auffi néceffaire de faire fcier ces pièces un peu obliquement fur chaque face, pour que la partie inférieure de leur bout prenne une forme pyramidale qui puiffe les empêcher de s'écarter en aucun fens de l'entaille de même forme, que la fcie aura faite aux bouts qui refteront au bas de ces mêmes pièces.

Les détails précédens pourront paroître minutieux; mais ils deviennent néceffaires pour le fuccès d'une entreprife qui n'a pas encore eu d'exemple.

75.

L'ufage ordinaire pour les grandes arches qu'on a faites jufqu'à préfent, eft d'attendre que les mortiers des joints du haut de la voûte ayent acquis affez de confiftance, pour que l'on ne puiffe pas y introduire la lame du couteau; ce qui arrive ordinairement avant l'efpace d'un mois, fuivant que la pierre eft plus ou moins dure & poreufe pour abforber la partie la plus liquide de la chaux : mais on penfe qu'il fera prudent d'attendre fix ou huit mois, avant d'entreprendre de décintrer l'arche de 500 pieds, afin de donner plus de temps au mortier de prendre corps, & pour diminuer auffi

E

l'affaiffement qui doit néceffairement réfulter de la compreffion des joints.

76.

Pour faciliter le décintrement des fermes, après avoir dégagé le bas de leurs points d'appui, comme on vient de l'expliquer *article 73*, on enlevera les couchis de la voûte ; ce qui fera facile fur la hauteur de l'angle de 30 degrés de chaque côté, & même jufqu'à 45 degrés, parce que les vouffoirs en font repouffés contre les culées, en s'ifolant des fermes par le poids de la partie fupérieure de la voûte, qui tend en forme de coin, comme on l'a déjà dit, à renverfer les parties inférieures.

77.

On continuera enfuite par le bas à retirer de chaque côté une dixaine de couchis, en ruinant les cales du deffous lorfque cela fera néceffaire ; mais quand on fera arrivé à 25 pieds d'un & d'autre côté de la clef, on placera des étréfillons de 5 à 6 pouces en carré & 2 pieds de longueur, de deux en deux rangs de vouffoirs proche les couchis, entre les fermes & la voûte, avant de les retirer ; ce qui fera fait en même temps de part & d'autre de la clef, & en même nombre chaque jour.

78.

On laiffera la voûte un mois dans cet état, pour qu'elle achève de prendre fon taffement très-lentement, en repouffant les parties inférieures des fermes dont les couchis & les cales auront été enlevés, & on ruinera fucceffivement les étréfillons d'entre les fermes & la voûte : on commencera également par

un même nombre de chaque côté, en ſe rapprochant du haut de la voûte, & l'on doit s'attendre que ceux des derniers rangs vers la clef ſeront écraſés avec beaucoup de bruit, par la charge d'une partie de la voûte. C'eſt pour lors que les fermes étant déchargées virtuellement de leur plus grand fardeau, après la poſe des clefs, remonteront ſubitement par la force de l'élaſticité des bois qui auront été fortement comprimés ſous la charge de la voûte dont elles ſe trouveront iſolées.

Cette voûte aura alors la facilité de continuer de s'affaiſſer, à meſure que les mortiers des joints, principalement ceux de ſes parties ſupérieures, ſeront plus comprimés, & cela arrivera ſur-tout dans les premiers jours; mais il faudra attendre, avant de démonter les fermes, que le taſſement ſoit devenu inſenſible, pour être en état de retenir la voûte, s'il arrivoit que ſon affaiſſement devînt plus conſidérable qu'on ne l'eût prévu.

79.

On enlevera enſuite les moiſes & les liernes horizontales du bas des fermes également, juſqu'à la hauteur de l'angle de 45 degrés, pour les affoiblir peu-à-peu chaque jour par cette opération, & pour qu'une continuation de l'affaiſſement de la partie ſupérieure de la voûte, faſſe baiſſer ſucceſſivement & lentement le ſommet des fermes, en les repouſſant par le bas dans le vide de deux pieds, dont on aura retiré les couchis & les cales.

80.

Ce ne ſera qu'après avoir remarqué que la voûte ne s'affaiſſera plus ſenſiblement, & qu'elle reportera toute ſa pouſſée contre les culées, & auſſi après qu'on aura terminé les ragrémens & rejointoiemens en ciment du deſſous de la voûte & de ſes têtes, que l'on pourra entreprendre d'achever de

démonter & d'enlever les fermes, le pont de fervice & tous les autres bois qui auront fervi à la conftruction de la voûte.

81.

A l'égard des autres ponts de fervice ou échafauds fervant d'étréfillons contre le dévers des piles, on pourra les enlever à mefure que les parties fupérieures de la maçonnerie des piles auront été démolies, ainfi que les petits échafauds verticaux & légers qui feront reftés dans la dernière partie du haut de ces piles.

SECTION IVe.

Murs d'épaulemens & pilaftres, trompe fur l'angle en tour creufe, œils de Pont & maçonnerie des reins.

82.

En achevant la démolition des cintres de charpente, on élevera deux murs d'épaulement de 30 pieds de longueur à mefure de la pofe des vouffoirs du bas de la voûte, ainfi que des pilaftres de 12 pieds de largeur par le haut, fur 6 pieds d'épaiffeur, en donnant à ces murs 2 lignes de talus ou fruit par pied de hauteur, & 4 lignes fur le devant & en retour des pilaftres.

83.

Pour le foutien & le raccordement des parapets de chaque tête du pont, jufqu'au haut de la partie des murs d'épaulement qui joindront chaque pilaftre, il fera fait une trompe fur l'angle en tour creufe décrite avec un rayon de

30 pieds de longueur, ainſi qu'à ſon profil, contre les têtes du pont & le parement des murs d'épaulement depuis l'origine de cette trompe, en obſervant de faire régner une aſſiſe courante de 18 pouces de hauteur ſous la plinthe.

84.

Pour faciliter ces conſtructions, on différera de démonter les échafauds d'entre la dernière pile & la culée, juſqu'à ce que les murs d'épaulement & les pilaſtres ſoient élevés à la hauteur du dernier de ces échafauds. On en établira d'autres convenables pour le ſurplus de leur élévation & des trompes en tour creuſe ; les mêmes échafauds ſerviront aux ragrémens & rejointoiemens.

85.

Pour diminuer la trop grande charge qu'auroit la maçonnerie des reins ſur la voûte, on ſera trois œils de pont de forme elliptique de chaque côté de cette voûte.

86.

Le petit axe du plus grand œil ſera établi ſur la direction d'un angle de 45 degrés de l'arche, & aura 50 pieds de longueur, ſe terminant par le bout d'en bas à 20 pieds de la douelle du vouſſoir correſpondant de la voûte. Le plus grand axe qui ſera perpendiculaire à l'autre, aura 70 pieds de longueur.

87.

Le grand axe de chacun des deux petits œils de pont, formera un angle de 30 degrés d'après celui mentionné ci-devant ; & partant des foyers des petits arcs de ſa courbure elliptique, il aura 40 pieds de longueur, & ſon origine

ſupérieure ſe trouvera à 30 pieds de chacun deſdits foyers: le petit axe aura 25 pieds. Le tout deviendra ſymétrique pour chaque côté de la voûte.

88.

On donnera 4 pieds de longueur de coupe aux vouſſoirs du grand œil, & 3 ſeulement à ceux des petits œils. Les vouſſoirs du grand œil ſailliront de 6 pouces, & ceux des petits œils de 4 pouces, d'après le nu des têtes du pont, pour recouvrir la ſaillie des boſſages des vouſſoirs de l'arche. Le tout ſera fait d'après les épures qui en ſeront tracées en grand ſur les chantiers par l'apareilleur.

89.

Pour diminuer encore plus la maçonnerie des reins, on la terminera derrière les murs des têtes qui auront 4 pieds d'épaiſſeur en portion d'arc de cercle, avec un rayon de 60 pieds, ayant pour centre l'extrémité inférieure du petit axe, l'ellipſe de chaque grand œil de pont, allant former tangente avec la ligne horizontale d'après laquelle ſeront arraſés les extrados des têtes; & le ſurplus juſqu'à cette ligne horizontale, ſera garni avec des recoupes de pierre & du gravier ou du ſable.

90.

En poſant les vouſſoirs, on aura l'attention d'en placer qui ſoient percés cylindriquement, à environ 100 pieds les uns des autres dans la partie du milieu de l'arche, entre les petits œils de pont & à 6 pieds des têtes de chaque côté de l'arche, pour l'écoulement des eaux de pluie qui pénétreront

entre les joints des pavés jufqu'à la chape dont on va parler à l'article fuivant.

91.

Cette chape fera faite en ciment ou efpèce de pouzzolane, fur 6 pouces d'épaiffeur avec du petit caillou ou de la pierre dure caffée, pofé par couches, chacune de 2 pouces d'épaiffeur fur toute la longueur & largeur de l'arche, en comprimant ces couches pour qu'il ne s'y forme point de gerfure. On établira cette chape fur une maçonnerie de moelon & mortier de chaux & fable, dont les pentes du deffus feront dirigées vers les gargouilles.

92.

On ne croit pas néceffaire de détailler ici l'affemblage de deux cintres retrouffés qu'il conviendra d'établir pour la pofe des vouffoirs de chaque partie fupérieure de la voûte des œils de pont. On en trouvera des modèles dans l'ouvrage mentionné ci-devant.

93.

Lorfque l'arche aura ceffé de s'affaiffer, & après que fes têtes auront été dérafées de niveau, on pofera une plinthe compofée de deux affifes, chacune de 18 pouces de hauteur, en faillie d'un pied fur le nu des têtes, & retournées au-deffus des trompes & des pilaftres, pour tenir lieu d'un entablement dont les moulures ne feroient point apparentes fur une auffi grande étendue.

94.

Afin de caractérifer le local de l'établiffement de cette arche entre des rochers, il conviendra de ruftiquer la face de

la plinthe, & auſſi la tête des cinq vouſſoirs du milieu de l'arche, ſur des boſſages de 3 pouces de ſaillie; & après trois vouſſoirs unis de chaque côté des précédens, les trois ſuivans ſeront faits avec pareils boſſages; & ainſi de ſuite alternativement, juſqu'au bas de la voûte, en obſervant de retourner ces boſſages ſous la voûte, ſur 3 & 4 pieds de longueur de douelle. Ils ſeront prolongés en haut de la voûte, juſque ſous la plinthe de couronnement, & ceux des naiſſances ſe termineront contre les murs d'épaulemens.

Ces boſſages exigeront que les couchis ſoient entaillés de 3 pouces au moins pour la place qu'ils occuperont dans le haut, à leur rencontre.

95.

Les vouſſoirs des œils de pont ſeront également ruſtiqués de deux en deux ſeulement, & il en ſera fait de pareils au parement du pourtour des pilaſtres.

96.

Sur le cours de la plinthe, on poſera des parapets qui ſe termineront aux pilaſtres; ils auront 3 pieds & demi en deux ou trois aſſiſes : la dernière formera bahut.

97.

Pour terminer cette arche, il ne reſtera plus que des bornes demi-rondes à poſer, à 15 ou 20 pieds de diſtance du devant des parapets; le pavé à faire formant chauſſée bombée de 18 pieds de largeur dans le milieu, avec revers de 4 pieds 6 pouces juſqu'au ruiſſeau qui doit conduire l'eau dans les gargouilles. Ce ruiſſeau ſera continué juſqu'au-delà des culées, dans la partie du deſſus des œils de pont où il ne ſera pas

poſé

posé de gargouilles, le tout sur une pente convenable. On fera enfin l'excavation nécessaire dans la roche, ainsi que les remblais & les chemins des abords de l'arche.

SECTION V.

Arches de 200 pieds, 300 pieds & 400 pieds d'ouverture.

98.

APRÈS avoir proposé les moyens que nous croyons convenables pour construire l'arche de 500 pieds d'ouverture, il reste à parler de ceux qui pourroient être employés à des arches moins grandes.

99.

Si, d'après ce qu'on vient d'expliquer, on doit prendre quelque confiance dans la possibilité d'établir l'arche de 500 pieds d'ouverture, il ne sera pas difficile de concevoir comment on pourra en faire de moins grandes, telles que celles de 400 pieds, 300 pieds & 200 pieds.

100.

Il suffira pour cela de considérer que les naissances de l'arche de 400 pieds d'ouverture, partiroient du niveau du dessus du troisième échafaud, & qu'elle auroit 100 pieds de hauteur ou de longueur de flèche.

La seconde de 300 pieds, seroit établie à la hauteur du quatrième échafaud, & auroit 50 pieds de flèche.

Et la troisième de 200 pieds se trouveroit plus élevée de 30 pieds que cet échafaud; ce qui réduiroit sa hauteur sous clef à 20 pieds, le tout ou à peu-près. Il conviendroit aussi de leur donner 8 à 10 pieds de hauteur de pied-de-roi,

pour diminuer l'apparence de l'angle mixtiligne trop aigu que formeroient les premiers voussoirs avec un sol horizontal qui partiroit de leur naissance. Toutes ces arches étant formées des segmens supérieurs à leurs cordes, on établiroit les cintres, leurs points d'appui & décharges, convenablement à ce qu'elles exigeroient.

101.

On observera de diminuer la grosseur de tous les bois, en raison de la charge qu'ils auront de moins à porter, & aussi de ne laisser subsister que les seuls petits œils de pont qui sont les plus proches du sommet des voûtes. On réduira la longueur de la coupe des voussoirs des clefs de l'arche de 400 pieds, à 6 pieds; celle de 300 pieds à 5 pieds, & celle de 200 pieds à 4 pieds; le tout en tâchant d'y employer des pierres plus pesantes & plus dures que celles de la carrière de Saillancourt mentionnées ci-devant. On supposera aussi que ces différentes arches seront également appuyées contre les rochers, sur des vallées moins profondes & moins larges que celle de 500 pieds.

102.

Il sera souvent possible de donner moins d'aplatissement à la courbure de ces dernières arches, en faisant partir leur naissance au-dessous des cordes des segmens de la grande arche; & pour lors ces nouvelles courbures en portion d'arc, se trouveront décrites avec des rayons moins grands.

103.

On croit inutile d'entrer dans un plus grand détail sur la construction de ces arches de moindre grandeur; mais il ne l'est pas de recommander pour tous ces grands travaux,

d'avoir recours à un habile ingénieur, qui connoiſſe ces genres de conſtruction, & à des ouvriers capables, principalement à un appareilleur, un maître charpentier ou gâcheur, ainſi qu'un poſeur qui ſoient expérimentés & ſoigneux pour diriger les autres ouvriers.

104.

Après cinquante-ſix années d'expérience ſur les plus grands travaux hydrauliques, on a lieu d'eſpérer avoir indiqué quelques moyens utiles ; cependant on ne croit devoir encore les annoncer qu'à titre de notions qui pourront guider les ſavans conſtructeurs dans la recherche & la perfection de ces moyens, ce que l'on a eu pour objet par le préſent Mémoire; ou tout au moins qu'ils pourront encourager l'entrepriſe des arches de 200 pieds & 300 pieds dont on ne connoît pas d'exemple exiſtant, ce qui conduira à de plus grandes entrepriſes du même genre.

105.

On pourroit cependant citer qu'il a exiſté dans l'antiquité des monumens très-importans de cette eſpèce, ſavoir; le pont conſtruit à Worhel, ſur le Danube en Hongrie, par l'empereur Trajan, d'après les deſſins d'Apollodore de Damas, lequel étoit compoſé de vingt arches, chacune de 170 pieds d'ouverture en plein cintre, de 80 pieds de largeur d'une tête à l'autre & de 235 pieds de hauteur ſous clef à compter du deſſus des eaux ordinaires. Mais ce grand monument qui étoit unique, fut détruit peu de temps après ſa conſtruction, par l'empereur Adrien, pour empêcher le paſſage des troupes ennemies. Il n'en reſte plus que quelques piles de 60 pieds d'épaiſſeur, & des naiſſances d'arches.

106.

L'arche de 200 pieds d'ouverture en plein cintre, construite par l'empereur Justinien, sur le fleuve Sandaris dans l'Asie mineure, dont l'éloge fait en grec par Porphirogenète, a été traduit en latin par Vulcanius Bonnaventura, quoique moins considérable pour la batisse, est cependant plus intéressante relativement à l'art que le pont précédent : elle étoit aussi la seule d'une aussi grande ouverture, dont il ait été fait mention.

107.

Quoique ces grands ouvrages puissent contribuer à la perfection de l'art sur la construction des ponts, on ne conseille cependant pas de s'en occuper dans la seule intention de chercher à vaincre des difficultés, parce que le mérite essentiel de ces travaux doit consister dans la solidité, l'économie & l'utilité que l'on peut en retirer.

Paris, ce 1.er décembre 1792, l'an premier de la République Françoise. Signé PERRONET.



A PARIS,

DE L'IMPRIMERIE NATIONALE EXÉCUTIVE DU LOUVRE.

M. DCC. XCIII.

